УДК 692.66:006.354 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2020-1-32-42

# Оценка нагруженности силовых элементов пассажирского лифта по результатам регулярного мониторинга

**Г. Ш. Хазанович, Д. С. Апрышкин**

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

*Введение.* Рассматриваются вопросы повышения безопасности лифтов — наиболее массовых подъемно-транспортных устройств. Изложены результаты косвенной оценки нагруженности силовых элементов лифтов для жилых домов по результатам регулярного мониторинга, проводимого сервисными организациями.
*Постановка задачи*. Обработка результатов мониторинга осуществлялась на основе представления о случайном характере влияющих факторов и показателей функционирования. Анализу подвергнуты данные наблюдений 15 лифтовых установок различной грузоподъемности, функционирующих в жилых домах разной этажности, с различным числом обслуживаемых пассажиров.
*Теоретическая часть.* В качестве основных показателей, характеризующих нагруженность главного привода лифта, приняты коэффициент машинного времени и удельное количество включений в минуту чистого машинного времени. Для каждого из показателей построены функции распределения и плотности вероятности.
*Выводы.* Показатели нагруженности лифтов изменяются в широких пределах, устойчивой корреляционной связи между показателями не установлено, каждый лифт характеризуется парой значений коэффициента машинного временит и числа включений. Главное назначение полученных результатов заключается в возможности их использования для оценки адекватности формирования режимов нагружения при имитационном моделировании работы пассажирских лифтов в сравнении с реальными показателями.

***Ключевые слова****:* безопасность лифтов, мониторинг функционирования лифтов, факторы нагруженности привода, коэффициент машинного времени, частота включений главного привода, статистические характеристики режимов работы лифта.

***Для цитирования:*** Хазанович, Г. Ш. Оценка нагруженности силовых элементов пассажирского лифтапо результатам регулярного мониторинга / Г. Ш. Хазанович, Д. С. Апрышкин // Безопасность техногенных и природных систем. — 2020. — № 1 — С. 32‒42.

## Assessment of load of load-bearing elements of the passenger elevator based on regular monitoring results

**G. S. Khazanovich, D. S. Apryshkin**

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

*Introduction*: This article is devoted to improving the safety of elevators — the most popular hoisting-and-transport devices. The paper presents the results of an indirect assessment of load of load-bearing elements of elevators for residential buildings based on the results of regular monitoring by service organizations.
*Problem Statement*. Processing of the monitoring results was carried out on the basis of the idea of random nature of influencing factors and performance indicators. The data of observations of 15 elevator units of various load capacities installed in residential buildings with different number of storeys and passengers were processed.
*Theoretical Part*. The following indicators are accepted as the main ones, which characterize the load of the main elevator drive: machine time coefficient and specific number of starts per minute of pure machine time. For each of the indicators, distribution functions and probability densities are constructed.
*Conclusion*. Indicators of loading of the elevators vary within wide limits; no stable correlation between the indicators was established; each elevator is characterized by a pair of values of the machine time coefficient and the number of inclusions. The main purpose of the results is the possibility of using them to assess the adequacy of the formation of loading modes in the simulation of passenger elevators in comparison with real indicators.

***Keywords:*** safety of elevators, monitoring the operation of elevators, actuator loading factors, ratio of computer time, switching frequency of the main drive, statistical characteristics of the operation modes of the elevator.

***For citation***: Khazanovich G.S., Apryshkin D.S. Assessment of load of load-bearing elements of the passenger elevator based on regular monitoring results: Safety of Technogenic and Natural Systems. 2020;1: 32‒42.

**Введение.** Лифт —это одно из наиболее массовых и широко используемых в настоящее время подъемно-транспортных устройств [1]. В действующем техническом регламенте Таможенного союза дано его определение: «Лифт — устройство, предназначенное для перемещения людей и (или) грузов с одного уровня на другой в кабине, движущейся по жестким направляющим, у которых угол наклона к вертикали не более 15° [2]. В настоящей статье термин «лифт» используется в соответствии с этим определением.

В Российской Федерации, по данным Национального лифтового союза (НЛС) и Национального союза страховщиков ответственности (НССО), эксплуатируется около 550 тыс. лифтов, подчиняющихся в части

обеспечения безопасной эксплуатации Федеральной службе Ростехнадзора. Количество лифтов увеличивается высокими темпами в соответствии с ростом объемов многоэтажного жилищного строительства в стране.

Лифты отнесены к оборудованию повышенной опасности. Согласно объединенным данным НЛС и НССО, за последние три года при эксплуатации лифтов произошло около 100 аварий, в которых погибло 40 и было ранено около 100 человек.

Обеспечение безопасности функционирования лифтов — сложная многоплановая задача, комплексное решение которой сформулировано в действующих нормативных документах. Среди важнейших актуальных направлений решения этой проблемы авторы выделяют необходимость обоснованного методического подхода к планированию и реализации программ технического обслуживания каждой лифтовой установки с учетом реального накопленного количества циклов и эквивалентного уровня нагружений [3–4]. Такой подход позволит обеспечить:

— гарантированный уровень безопасности в течение всего срока эксплуатации;

— возможную стабилизацию затрат на техническое обслуживание.

Для обоснованного планирования программ технического обслуживания и ремонтных воздействий при эксплуатации лифтовых установок требуется фактическая информация о режимах работы силовых элементов, прежде всего, главного привода — продолжительность включенного состояния в каждом цикле работы, удельное количество включений, торможений и т. д. Как известно, лифты работают в условиях регулярного воздействия случайных факторов — частоты заявок на их использование, величины концевой нагрузки, продолжительности включенного состояния, частоты включений и многих других [5–6]. Систематизация и обобщение этих воздействий позволит создать научно обоснованные требования к разработке алгоритмов технического обслуживания.

Для создания такой базы данных целесообразно на первом этапе использовать материалы регулярных наблюдений за фактическими режимами работы лифтов с объективной фиксацией результатов, проводимых специализированными сервисными организациями. В дальнейшем путем разработки адекватных реальным процессам процедур имитационного моделирования режимов работы лифтовых установок и установления взаимосвязи режимов работы и действующих нагрузок возможно создание необходимой научно-методической базы [7]. В настоящей статье использованы материалы регулярного мониторинга и компьютерной базы данных ООО «Лифтсервис», г. Ростова-на-Дону.

С учетом изложенного целью настоящей работы является получение на основе статистической обработки данных регулярных наблюдений закономерностей формирования режимов нагружения силовых элементов пассажирских лифтов.

**1. Методика исследования и статистической обработки данных регулярных наблюдений**. Основными этапами исследования явились следующие:

— выбор объектов наблюдений с учетом влияния параметров и условий эксплуатации лифтовых установок;

— обоснование основных характеристик режимов работы и нагружения лифтовой установки (статистических распределений и средних значений);

— разработка методики обработки исходных данных.

В качестве объектов наблюдений выбраны жилые дома, оборудованные лифтовыми установками. Основными влияющими факторами приняты этажность дома, количество подъездов и лифтовых установок, наличие грузовых лифтов. В результате анализа отобраны шесть домов (6, 16, 21 и 24 этажа) с одним, двумя, тремя подъездами, при различном уровне плотности заселения (рис. 1). Количественные параметры приведены в таблице 1.

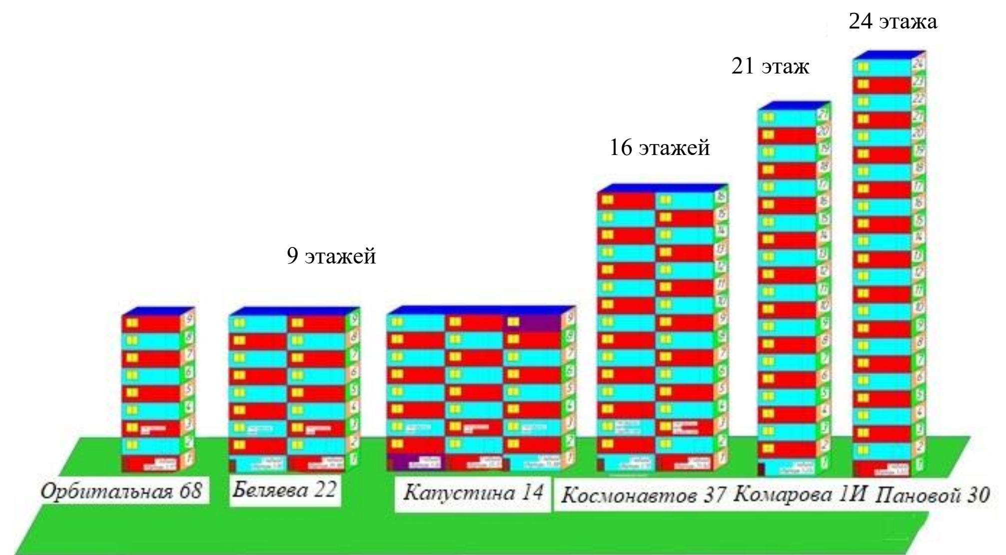



Рис. 1. Объекты, принятые для мониторинга

Таблица 1

Количественные характеристики объектов наблюдений

| Адрес жилого дома | Количество этажей | Количество подъездов | Номер подъезда | Вид лифта (номер на рисунках) | Грузоподъемность, кг | Расчетное количество жильцов, обслуживаемых лифтом |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Орбитальная, 68 | 9 | 1 | № 1 | Пассажирский (1) | 400 | 513 |
| Беляева, 22 | 9 | 2 | № 1 | Пассажирский (2) | 400 | 270 |
| | | | № 2 | Пассажирский(3) | 400 | 270 |
| Капустина, 14 | 9 | 4 | № 1 | Пассажирский (4) | 400 | 108 |
| | | | №3 | Пассажирский (5) | 400 | 108 |
| | | | №4 | Пассажирский (6) | 400 | 108 |
| Космонавтов, 37 | 16 | 2 | №1 | Пассажирский№ 1 (7) | 400 | 105 |
| | | | | Грузовой № 1 (8) | 630 | 105 |
| Комарова, 1и | 21 | 1 | № 1 | Пассажирский № 1 (9) | 400 | 168 |
| | | | | Пассажирский № 2 (10) | 400 | 168 |
| | | | | Грузовой № 1 (11) | 630 | 168 |
| | | | | Грузовой № 2 (12) | 630 | 168 |
| Пановой, 30 | 24 | 1 | №1 | Пассажирский № 1 (13) | 630 | 322 |
| | | | | Пассажирский № 2 (14) | 630 | 322 |
| | | | | Пассажирский № 3 (15) | 630 | 322 |

В качестве исходных характеристик режимов работы и нагружения лифтовой установки, прежде всего главного привода (ГП), приняты следующие результаты мониторинга: чистое время включенного состояния ($t_{м}$, с) и количество включений ($N_{o}$) в течение каждого календарного часа. Для каждого наблюдаемого лифта получены исходные показатели в виде диаграмм (рис. 2,3,4 и 5) или таблиц. Период наблюдений составлял 10800 минут (7,5 суток, 180 ч.).




Рис. 2. Чистое время работы ГП в течение часа (ул. Капустина, 14, подъезд 3)

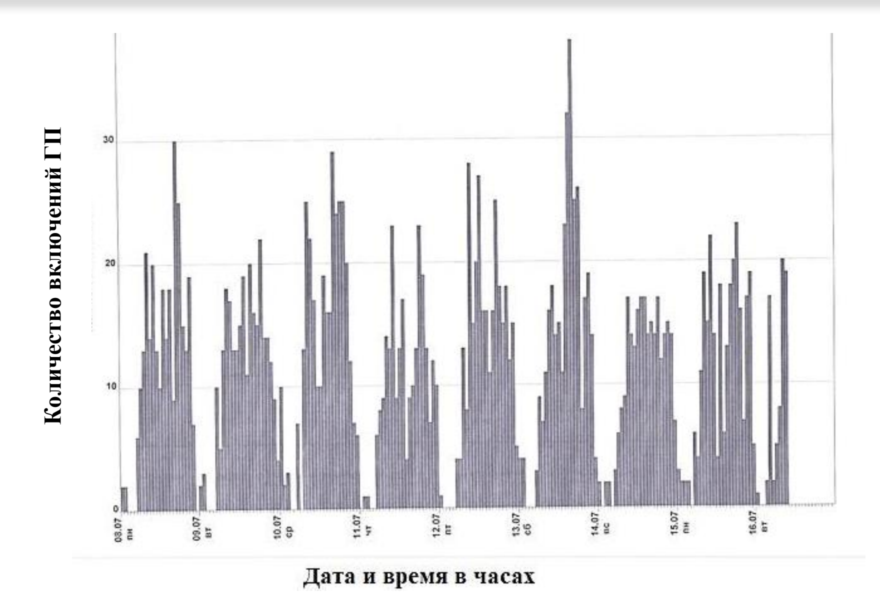



Рис. 3. Количество включений ГП в течение часа (ул. Капустина, 14, подъезд 3)




Рис. 4. Чистое время работы ГП в течение часа (ул. Орбитальная, 68, подъезд 1)

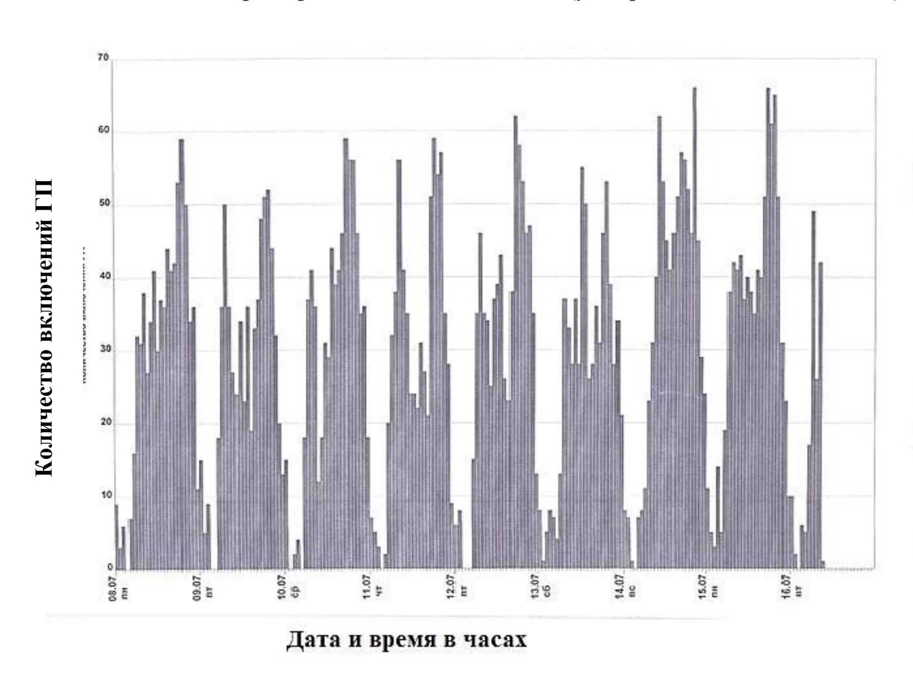



Рис. 5. Количество включений ГП в течение часа (ул. Орбитальная, 68, подъезд 1)

На рис. 3 и 5 представлены образцы исходных данных, используемых для последующей статистической обработки.

Программой статистической обработки явилось получение таких характеристик: продолжительность работы лифта и число включений главного привода, которые, с одной стороны, послужили бы основой для сравнения нагруженности привода и других узлов различных лифтовых установок, с другой — для формирования обобщенных характеристик, необходимых при оценке адекватности опытных данных и результатов планируемого имитационного моделирования [8].

Исходя их этих задач, в качестве показателей режима нагруженности ГП лифта приняты:

— коэффициент машинного времени $K_m$, какотношение чистого к общему времени работы лифта (и ГП) за весь период наблюдения;

— удельное количество включений ГП Nв течение чистого машинного времени (включений в минуту).

Каждый из этих показателей характеризует различные стороны режима работы лифтовой установки. Коэффициент машинного времени $K_m$ оценивает относительную продолжительность включенного состояния двигателя, его тепловой режим в сравнении с допустимым для данного двигателя. Количество включений Nопределяет условный уровень динамических нагрузок при пусках и торможениях.

Каждый из выбранных показателей представляет собой случайную величину, для оценки которой необходимо рассматривать совокупность числовых и функциональных характеристик [9]. В качестве числовых характеристик приняты средние значения и средние квадратические отклонения. Функциональные характеристики представлены функциями распределения F(x) и плотностью вероятностиf(x), где понимается любой из рассматриваемых показателей.

Порядок обработки данных принят следующий:

1. Обработка ведется по каждому лифту отдельно.

2. Создается по каждому лифту полная единая совокупность данных за весь период многосуточных наблюдений, в каждые сутки — за 24 часа.

3. За каждые сутки заполняется табл. 2: коэффициент машинного времени $k_m$ и удельное количество включений главного привода лифта за минуту чистого машинного времени n.

4. Весь диапазон $k_м$ и n от минимального до максимальногоделится на 10 равных частей, диапазоны (разряды) нумеруются от 1 до 10. Разряды устанавливаются **единые** для всех лифтов –$\Delta k_m$и $\Delta n$.Это условие нужно выполнить для сравнения между собой режимов работы и нагруженности лифтов.

5. Подсчитывается общее число значений $K_{m\Sigma}$и $N_\Sigma$ и количество значений $k_{Mi}$ и $n_i$, попавших в данный диапазон (I— номер диапазона).

6.Рассчитывается частость попадания значений в данный диапазон:

$$p_{ki}= k_{Mi}/ K_{m\Sigma} \text{ и } p_{ni}= n_i/N.$$

Сумма всех частостей по каждому лифту должна равняться 1.

Таблица 2

Первичная обработка суточных данных по пассажирскому лифту №1

(адрес: ул. Капустина, д. 14: этажей – 9, количество подъездов – 2, всего лифтов – 4, в том числе пассажирских лифтов – 4, по 2 в каждом подъезде, количество квартир –36; расчетное количество жильцов, обслуживаемых данным лифтом – 108, максимальная грузоподъемность – 400 кг; период наблюдений – с 07.07.2019 (с 22.00) до 08.07.2019 (до22.00), т. е. всего 24 часа, или1440 минут, или86 400 секунд.)

| Характеристика режима работы лифта в течение 24 часов суточной эксплуатации | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Текущее время, час. | Продолжительность чистого машинного времениработы лифта в течение часа, $t_m$, с | Коэффициент Машинного времени работы лифта в течение данного часа, $k_m= t_m /3600$ | Количество включений главного привода за данный час, $N_ч$ | Удельное количество включений в течение часа чистого машинного времени, (ЧМВ) $n=N_ч/ k_m$,1/час |
| Дата: 07.07.2019 | | | | |
| Ночной режим | | | | |
| 22 | 208 | 0,057 | 14 | 246 |
| 23 | 143 | 0,040 | 8 | 200 |
| Дата: 08.07.2019 | | | | |
| 00 | 103 | 0,029 | 6 | 207 |

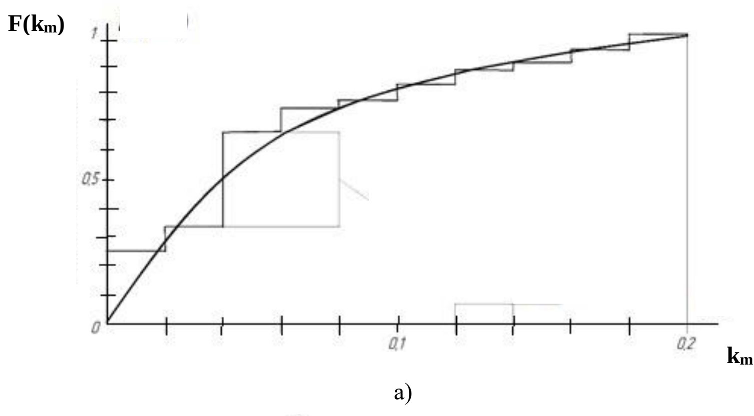
| Характеристика режима работы лифта в течение 24 часов суточной эксплуатации | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Текущее время, час. | Продолжительность чистого машинного времениработы лифта в течение часа, $t_m$, с | Коэффициент Машинного времени работы лифта в течение данного часа, $k_m = t_m /3600$ | Количество включений главного привода за данный час, $N_ч$ | Удельное количество включений в течение часа чистого машинного времени, (ЧМВ) $n=N_ч/ k_m$,1/час |
| 01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 02 | 39 | 0,011 | 4 | 364 |
| 03 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 05 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06 | 46 | 0.013 | 8 | 615 |
| Утренний режим | | | | |
| 07 | 211 | 0,059 | 11 | 188 |
| 08 | 162 | 0,045 | 12 | 267 |
| 09 | 238 | 0,066 | 16 | 242 |
| 10 | 574 | **0,159** | 30 | 188 |
| Дневной режим | | | | |
| 11 | 204 | 0,057 | 14 | 247 |
| 12 | 214 | 0,059 | 12 | 202 |
| 13 | 165 | 0,054 | 9 | 196 |
| 14 | 244 | 0,068 | 16 | 236 |
| 15 | 292 | 0,081 | 15 | 185 |
| 16 | 190 | 0,053 | 12 | 227 |
| Вечерний режим | | | | |
| 17 | 267 | 0,074 | 14 | 189 |
| 18 | 217 | 0,060 | 16 | 265 |
| 19 | 423 | 0,112 | 24 | 204 |
| 20 | 432 | 0,12 | 31 | 258 |
| 21 | 438 | 0,122 | 29 | 238 |
| Итого: 24 часа общего времени суток | 4810 с. чистого машинного времени в течение суток | 0,0557 – средний $k_m$ в течение суток | 301 вкл. за 24 ч., или 12,54 вкл. в час общего времени работы | n=3,75 вкл./в минуту ЧМВ – среднее значение n |

7. На основе п. 6 строится график накопленных частостей для каждого лифта. Эти графики по существу представляют собой экспериментальные функции распределения для случайных величин $k_m$, N — $F_1(k_m)$ и $F_2(n)$ (рис. 6 а).

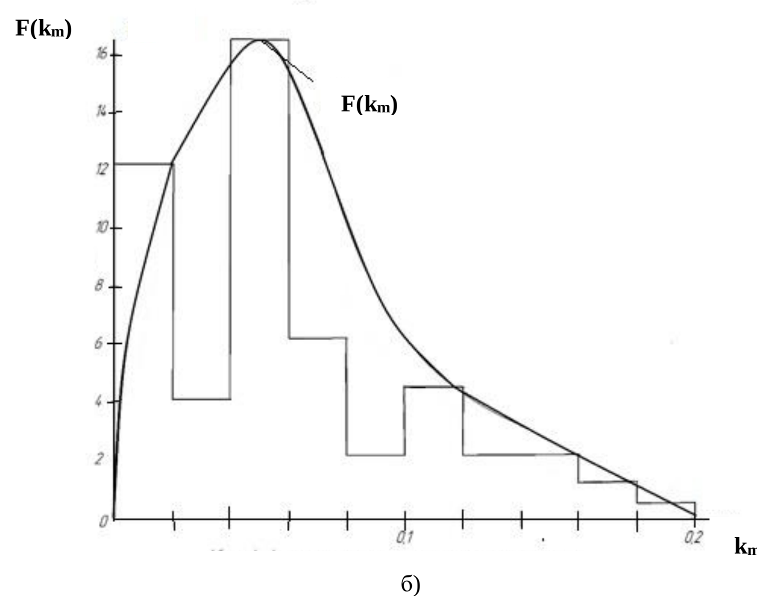
8. Рассчитываются значения плотности распределения величин $K_m$ и N для каждого лифта — $f_1(k_m)$ и $f_2(n)$. Для этого в каждом диапазоне делится приращение частости (п. 6) на диапазон (п. 4) — $f_{1i}(k_{mi})=\Delta p_{ki}/\Delta k_m$ и $f_{2i}(n_i) = \Delta p_{ni}/\Delta n$. Полученное значение откладывается на графике плотности распределения посредине диапазона (рис. 6 б). На рисунках 6 а и 6 б для примера показан расчет плотности распределения величины $K_m$ на участке $K_m$ = (0,04; 0,06). Вероятность попадания случайной величины $K_m$ на этот участок равна разности значений функции распределения (частости) $\Delta p_k$ = 0,663 – 0,333 = 0,33 (рис. 6 а). Плотность вероятности равна отношению $\Delta p_k$ к изменению $K_m$ на этом участке $\Delta K_m$=0,02, т.е. $f(k_m)$ = 0,33/0,02 = 16,5 (рис. 6 б). Проверка правильности построения функций $f_1(k_m)$ и $f_2(n)$состоит в оценке площади под кривой плотности распределения, которая должна быть близка к единице.

**2. Совокупность регулярных исходных данных по группе лифтовых установок**. Выбранная совокупность объектов наблюдения — лифтовых установок — может быть охарактеризована как достаточная, которая характеризуется сочетанием различных факторов, существенно влияющих на режимы работы и эквива-

лентные нагрузки (таблица 1 и рис. 1). В числе принятых к мониторингу установок дома различной этажности (9…24 этажа), лифты различной грузоподъемности и назначения (400…1000 кг). Различным является также расчетное количество жильцов, обслуживаемых лифтом. Период наблюдений также может быть признан достаточным, причем все объекты обследованы в течение одного фиксированного отрезка времени (более 7 суток непрерывного мониторинга).




а)




б)

Рис. 6. Построение функции распределения накопленной частости $F(k_m)$ (а) и плотности вероятности $f(k_m)$ (б) от коэффициента машинного времени $K_m$

Это позволило получить представительную выборку случайных показателей работы лифтов, главное назначение которой — послужить впоследствии базой для сопоставления реальных показателей с результатами имитационного моделирования.

Полученные данные регулярного мониторинга режимов работы лифтовых установок могут быть признаны представительной выборкой как по объему, так и по числу учтенных влияющих факторов. По каждому из лифтов объем непрерывных наблюдений составляет более 180 часов с фиксацией чистого времени работы и количества включений в течение каждого часа.

Выполнена оценка необходимого числа наблюдений с использованием распределения Стьюдента [10]. Для определения необходимого числа наблюдений справедливо соотношение:

$$N_{\text{набл}} \geq \left[\frac{K_\sigma f(\beta)}{0_{\text{ш}}}\right]^2,$$

где $K_\sigma$ — коэффициент вариации экспериментальных данных, т. е. отношение среднего квадратического отклонения к среднему значению случайной величины;

$f(\beta)$ — параметр в распределении Стьюдента, зависящий от принятого уровня доверительной вероятности $\beta$;

$О_{ш}$ — допустимая (по уровню ответственности процесса) ошибка в определении среднего значения случайной величины.

Расчетные данные для определенных по результатам регулярного мониторинга данных о средних значениях коэффициента машинного времени работы лифта и числа включений главного привода приведены в таблице 3.

Таблица 3

Оценка необходимого числа суточных наблюдений

| Показатель режима работы лифта | Среднее значение | Среднее квадратическое отклонение | Коэффициент вариации, $K_\sigma$ | Доверительная вероятность, $\beta$ | Параметр в распределении Стьюдента | Допустимая ошибка в определении среднего значения | Необходимое число наблюдений в сутки |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Удельное число включений ГП, 1/мин. | 3,75 | 1.16 | 0,31 | 0,9 | 1,66 | 0,1 | 26 |
| | 3,75 | 1,16 | 0,31 | 0,9 | 1,66 | 0,12 | 19 |
| Коэффициент машинного времени | 0,15 | 0,05 | 0,33 | 0,9 | 1,66 | 0,1 | 29 |
| | 0,15 | 0,05 | 0,33 | 0,9 | 1,66 | 0,12 | 21 |

Оценки необходимого числа суточных наблюдения для получения выборки с ошибкой не более 12% при уровне доверительной вероятности 0,9 свидетельствуют о том, что измерения показателей режима один раз в час (24 измерения в сутки) можно признать достаточными.

Основными результатами обработки первичных данных мониторинга по каждой лифтовой установке явились средние значения коэффициента машинного времени $k_{mcp}$ и числа включений ГП за минуту чистого машинного времени $N_{cp}$, а также функциональные характеристики этих случайных величин — функции распределения $F(k_m)$, $F(n)$ и плотности вероятности $f(k_m)$, $f(n)$. Основные результаты в компактом виде приведены в таблице 4 и на рис. 7 и 8.

Таблица 4

Средние значения показателей режимов работы лифтов

| Номера лифтов в соответствии с табл. 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициент машинного времени | 0,190 | 0,089 | 0,149 | 0,056 | 0,063 | 0,040 | 0,145 |
| Количество включений, 1/мин. ЧМВ | 2,45 | 2.13 | 1,90 | 3,43 | 2,75 | 2,86 | 1,95 |
| Номера лифтов в соответствии с табл. 1 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Коэффициент машинного времени | 0,065 | 0,088 | 0,107 | 0,080 | 0,122 | 0,090 | 0,166 |
| Количество включений, 1/мин. ЧМВ | 1,83 | 3,08 | 2,25 | 1,89 | 1,90 | 1,47 | 1,87 |

Для лифта 15: $k_{mcp}$=0,186; $N_{cp}$=2,0.

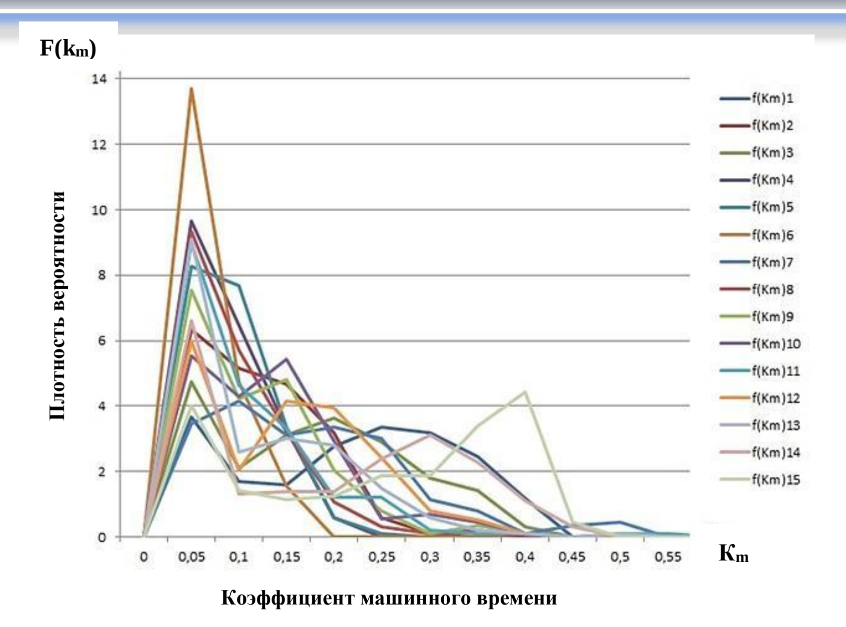



Рис. 7. Плотность вероятности коэффициента машинного времени

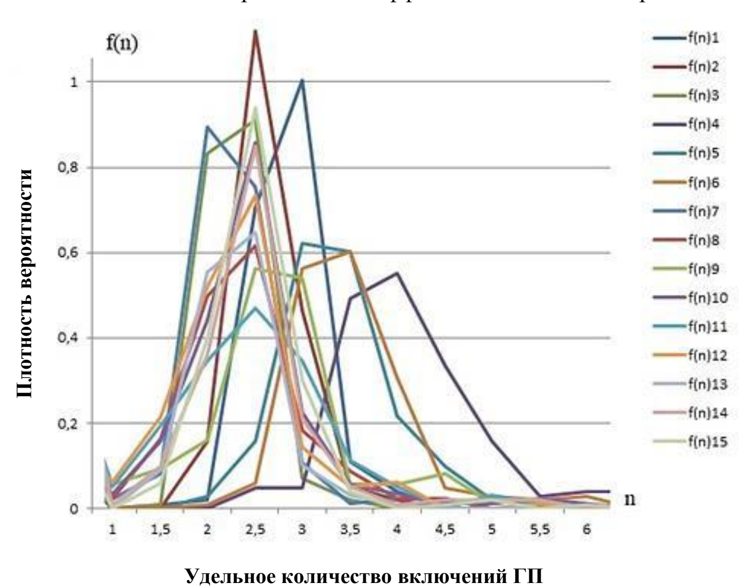



Рис. 8. Плотность вероятности удельного количества включений

**3. Оценка влияния важнейших факторов на расчетную нагруженность силовых элементов лифтовых установок.** Анализ данных мониторинга и их обработка показывают:

— основные показатели режима работы ГП лифта изменяются в широких пределах: коэффициент машинного времени — в пять раз, от 0,04 до 0,19, количество включений в минуту чистого машинного времени — в 1,87 раза, от 1,83 до 3,43;

— коэффициент машинного времени объективно характеризует чистое время нахождения всех элементов лифта в рабочем состоянии, значения этого коэффициента для большинства установок находятся на низком уровне (0,05…0,12), это свидетельствует о существенной недогрузке главного привода и других узлов;

— удельное количество включений определяет частоту приложения динамических нагрузок на привод, канаты, конструкцию кабины и другие узлы, характерное значение числа включений от 2 до 3 в минуту чистого машинного времени, в пересчете на часовую частоту включений это составит 120…180 включений, что вполне допустимо для используемых двигателей;

— устойчивой корреляционной связи между показателями $k_m$ и n не обнаружено, хотя тенденция роста коэффициента машинного времени с уменьшением удельного числа включений прослеживается, в эту зависимость вписываются 9лифтов из 15, взятых для мониторинга:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | 1,45 | 1,90 | 1,90 | 1,95 | 2,25 | 2,75 | 2,17 | 2,86 | 3,43 |
| $k_m$ | 1,95 | 0,149 | 0,122 | 0,0,146 | 0,107 | 0,063 | 0,089 | 0,04 | 0,056 |

— каждый лифт характеризуется, как правило, индивидуальной парой значений$k_m$и n, величина которых зависит от ряда факторов: этажности дома, количества жильцов, приходящихся на данный лифт, грузоподъемности лифта, среднего времени между двумя соседними заявками на использование лифта и ряда других;

— с увеличением этажности дома возрастает коэффициент машинного времени, одновременно, как правило, удельное число включений не увеличивается, это объясняется тем, что средняя длина перемещения лифта за цикл использования возрастает, а число промежуточных остановок остается на прежнем уровне;

— основное влияние на показатели нагруженности лифта оказывает количество жильцов, реально пользующихся лифтом, как показал анализ, реальное количество пользователей может существенно отличаться от расчетного числа зарегистрированных лиц в данном подъезде или доме; например, при сравнении показателей двух лифтов с разным расчетным количеством жильцов (табл. 4) имеем:

— лифт № 1 (ул. Орбитальная, 68): этажей — 9, жильцов — 513; $k_m$/n=0,19/2,45;

— лифт № 15 (ул. Пановой, 30): этажей — 24, жильцов — 630; $k_m$/n=0,186/2,0.

**Заключение.** Выполненные исследования позволили получить на базе статистической обработки данных регулярных наблюдений основные закономерности формирования режимов нагружения силовых элементов пассажирских лифтов.

Установлено существенное влияние случайных факторов, формирующих основные показатели нагруженности лифта — коэффициент машинного времени и удельное число включений.

Главное назначение полученных результатов заключается в возможности их использования для оценки адекватности формирования режимов нагружения при имитационном моделировании работы пассажирских лифтов в сравнении с реальными показателями.

**Библиографический список**

1. Правила организации безопасного использования и содержания лифтов, подъемных платформ для инвалидов, пассажирских конвейеров (движущихся пешеходных дорожек) и эскалаторов, за исключением эскалаторов в метрополитенах :[утв. постановлением Правительства РФ от 24 июня 2017 года № 743][Электронный ресурс] / Гарант.ру. — URL : https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71607662/ (дата обращения : 19.02.2020).

2. Технический регламент Таможенного союза «Безопасность лифтов» : принят решением комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 года, № 824 (ТР ТС–011–2011), с изменениями, внесенными ЕЭК от 19 декабря 2019 года[Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — URL : http://docs.cntd.ru/document/902307835 (дата обращения: 19.02.2020).

3. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов : ПБ 10-558-03 / [Отв. разраб.: В. Я. Комиссаров и др.]. — Москва : Науч.-техн. центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003 (Можайский полигр. комб.). — 175 с.

4. ГОСТ Р 53780-2010. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке. — Москва : Стандартинформ, 2012. — 76 с.

5.Анализ аварийных ситуаций на пассажирских лифтах и разработка предложений по повышению их безопасности / А. А. Корткий [и др.] // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. — Тюмень, 2018. — С. 158–162.

6.Khazanovich,G. S., .Otrokov ,A. V., Aprishrin, D. S. Computer Modeling of Dynamic Processes of Passenger Elevators at Casual External Influence (Компьютерноемоделированиединамическихпроцессовпассажирскихлифтовприслучайныхвнешнихвоздействиях) /2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2018, pp. 1-6. / doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602877.

7. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ 2018662780. Рос. Федерация. Имитационное моделирование работы пассажирского лифта / А. В. Отроков, Г. Ш. Хазанович, Д. С. Апрышкин; правообладатель Донской государственный технический университет. — № 2018664988; заявл. 2018.11.14; зарегистр. 2018.11.27; опубл. 2018.11.27. Бюл. № 12.

8. Хазанович, Г. Ш. Современные системы контроля состояния лифтовых установок / Г. Ш. Хазанович, Д. С. Апрышкин // Безопасность техногенных и природных систем. — 2019. — № 2. — С. 37–40.

9. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебник / Е. С. Вентцель. — 12-е изд., стер. — Москва : Юстиция, 2018. — 658 с.

10. Хазанович, Г. Ш. Методика эксперимента в исследованиях процессов погрузки и транспортировки кусковых пород : учебно-методическое пособие / Г. Ш. Хазанович, Ю. М. Ляшенко, Е. В. Никитин. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. — 150 с.

Сдана в редакцию 04.12.2019
Запланирована в номер 15.01.2020

*Об авторах:*

**Хазанович Григорий Шнеерович,** профессор кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, hazanovich@mail.ru

**Апрышкин Дмитрий Сергеевич,** старший преподаватель кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), aprechnik@mail.ru

*Заявленный вклад соавторов*

Г. Ш. Хазанович – разработка методики исследования и статистической обработки исходных данных. Конечный анализ результатов исследования Формирование заключения по работе. Д. С. Апрышкин – обработка исходных данных наблюдений. Построение основных зависимостей. Графическое оформление. Оценка влияния важнейших факторов на расчетную нагруженность силовых элементов лифтовых установок.

Submitted 04.12.2019
Scheduled in the issue 15.01.2020

*Information about the authors*

**Grigoriy Sh. Khazanovich**, Professor, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square, 1), Doctor of technical sciences, hazanovich@mail.ru

**Dmitriy S. Apryshkin,** Senior lecturer, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (344000, Russian Federation, Rostov-on-Don, Gagarin square, 1) aprechnik@mail.ru

*Contribution of the authors*

G. Sh. Khazanovich – development of research methods and statistical processing of the initial data, final analysis of the results of the study, conclusion. D. S. Apryshkin – processing of the original data observations, construction of the main dependencies, graphic design, evaluation of the influence of the most important factors on the calculated load of the load-bearing elements of elevator installations.